

# **Impacto de labranza y manejo de residuos sobre estrés hídrico en trigo**

Impact of tillage and residue management on water stress in wheat

Jesús Enrique Mendoza-Lugo<sup>3</sup>, Nele Verhulst<sup>1,2</sup>, Ken D. Sayre<sup>1</sup>, Maria Isabel Estrada-Alvarado<sup>3</sup>, Bram Govaerts<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT), Mexico, D.F., Mexico

<sup>2</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200 E, 3001 Leuven, Belgium

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), Antonio Caso S/N, Colonia Villa ITSON, C.P. 85120, Cd. Obregón, Sonora, México.

Autor responsable: Bram Govaerts

E-mail: b.govaerts@cgiar.org

Palabras claves: Agricultura de conservación, temperatura del follaje, sequía.

## **INTRODUCCION**

En todo el mundo, el empleo del agua y su gestión han sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. La mejora en la utilización del agua tanto en la agricultura de temporal como en la de riego será fundamental para afrontar las situaciones previstas de escasez de agua [1]. La ocurrencia simultánea de temperatura alta y estrés hídrico a menudo se presenta en algunas regiones del mundo; cuando esto ocurre en la fase de llenado de grano, puede provocar reducciones significativas en el rendimiento [2]. Por lo anterior, es de gran importancia una determinación acertada y a tiempo del efecto del déficit de agua en la reducción del rendimiento [3]. La creciente escasez de agua y el uso continuo de las prácticas de sistemas de cultivo convencionales que se basan en una labranza extensiva, la cual modifica algunas propiedades físicas del suelo, afectando la estructura, la densidad aparente, la distribución de poros, la resistencia a la penetración; la retención de humedad, la disponibilidad de nutrientes y la aireación del suelo [4], hace que sea necesario un nuevo planteamiento de los sistemas agrícolas para buscar métodos mejores del manejo del agua, cómo única opción para mejorar la seguridad alimentaria mundial [5]. Los agricultores preocupados por la sostenibilidad del medio ambiente de sus sistemas de producción y aunado a que los costos de producción son cada vez más altos, han empezado a adoptar y adaptar mejores prácticas de manejo que conduzcan a una visión fundamental de una agricultura sostenible. La agricultura de conservación (AC) se enfoca a un concepto de un sistema de agricultura completo, y combina tres principios básicos (1) reducción de la labranza, (2) retención de niveles adecuados de residuos del cultivo para cubrir la superficie del suelo y (3) uso de rotaciones de cultivos económicamente viables.

Este trabajo incluye los resultados de un ensayo para evaluar el cambio climático operado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Int. (CIMMYT). El experimento está localizado en el Valle del Yaqui en el noroeste de México. En el Valle del Yaqui desde los pasados 25 años, más del 95% de los agricultores de la región han cambiado del uso de la tecnología convencional de riego por inundación en plano a la tecnología de siembra en camas [6]. En esta una única hilera es sembrada al principio de cada cama para cultivos como maíz ó soya y dos ó tres hileras se usan para trigo. Los agricultores que cultivan trigo en camas obtienen un 8% más de rendimiento, usan

un 25% menos de agua de riego y ahorran casi un 25% en los costos de producción, en comparación con los sistemas de siembra en plano. El siguiente paso lógico para incrementar la sostenibilidad de las camas para que sean permanentes, evitando la labranza (solo reformar las camas, cuando sea necesario) y reteniendo y distribuyendo los residuos sobre la superficie. De esa manera el sistema es convertido paso a paso en un sistema de agricultura de conservación. Este trabajo se enfoca a la influencia de labranza y del manejo de los residuos en los parámetros de humedad de suelo y estrés hídrico en trigo bajo condiciones de sequía en sistemas con camas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Caracterización del experimento.***

El experimento se encuentra en la estación de investigación 'Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste' (CIANO), cerca de Ciudad Obregón, Estado de Sonora, México (Lat. 27.29° N, Lon. 109.55° W, 38m snm). La temperatura anual promedio es de 24.9 °C (1981–2000) y el promedio anual de lluvia es 384.1 mm. La cual es rebasada por el promedio anual de evapotranspiración potencial de 2,233.8 mm (1971-2000) [7]. El tipo de suelo en la estación del CIANO es una arcilla arenosa común, Chromic Haplotorrert (Haplic Vertisol Calcaric Chromic), bajo en materia orgánica (<1%) y ligeramente alcalino (pH 7.7). El maíz (*Zea mays* L.) el trigo [*Triticum turgidum* L. subsp. durum (Desf.) Husn.] son manejados en rotación anual: el trigo como cultivo de invierno sembrado de finales de Noviembre a principios de Diciembre y cosechado en Mayo, seguido de maíz como cultivo de verano sembrado en Junio sobre el mismo conjunto de parcelas y cosechado en Octubre. Ambos cultivos se siembran en camas de 0.80 m con trigo en dos hileras sembrados con 20 cm de separación y maíz en una hilera. Durante el ciclo de cultivo (2008 – 2009) se sembró la variedad de trigo Samayoa C2004. La tasa de siembra es de 130 kg/ha. El riego se aplica en surcos. El experimento incluye dos repeticiones de cada tratamiento en un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamientos de parcela principal, parcela dividida y parcela dividida-dividida. Hay dos ambientes: camas con labranza convencional (con camas formadas después de cada cultivo, CC) y camas permanentes (solo reformadas si es necesario, CP). Las parcelas principales consisten de tratamientos de riego; con riego completo (1 riego de presembrado y 4 de auxilio, RN) contra riego reducido (1 riego de presembrado y 1 riego de auxilio, RR). Las parcelas divididas consisten de diferentes manejos de residuos como sigue: (1) los residuos de maíz y trigo son retenidos en la superficie para camas permanentes (RET) e incorporados con el arado para camas convencionales (RIN) (2) los residuos de maíz son empacados y los de trigo son mantenidos sobre la superficie del terreno (REM). Las parcelas divididas-divididas comprenden siete tratamientos o niveles de fertilización con N. En este trabajo se incluye solo el tratamiento con aplicación de nitrógeno de 152 kg/ha al inicio del ciclo (antes de siembra) y 76 kg N/ha al salir el primer nudo a la planta.

### ***Parámetros de medición***

El contenido de humedad del suelo (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm, 45-60 cm) se determinó de manera gravimétrica el día antes y después de cada riego y una vez más entre riegos (como fuese posible). Se utilizó la densidad aparente para convertir al contenido de humedad volumétrico del suelo. Se calculó el contenido de humedad para el perfil de 0-60 cm en mm. El GreenSeeker™ Unidad de Sensor Óptico Portable (NTech Industries, Inc.) fué usado para recolectar la diferencia normalizada del índice

vegetativo (NDVI) 2 veces por semana como se describe en Verhulst y Govaerts 2008 [8].

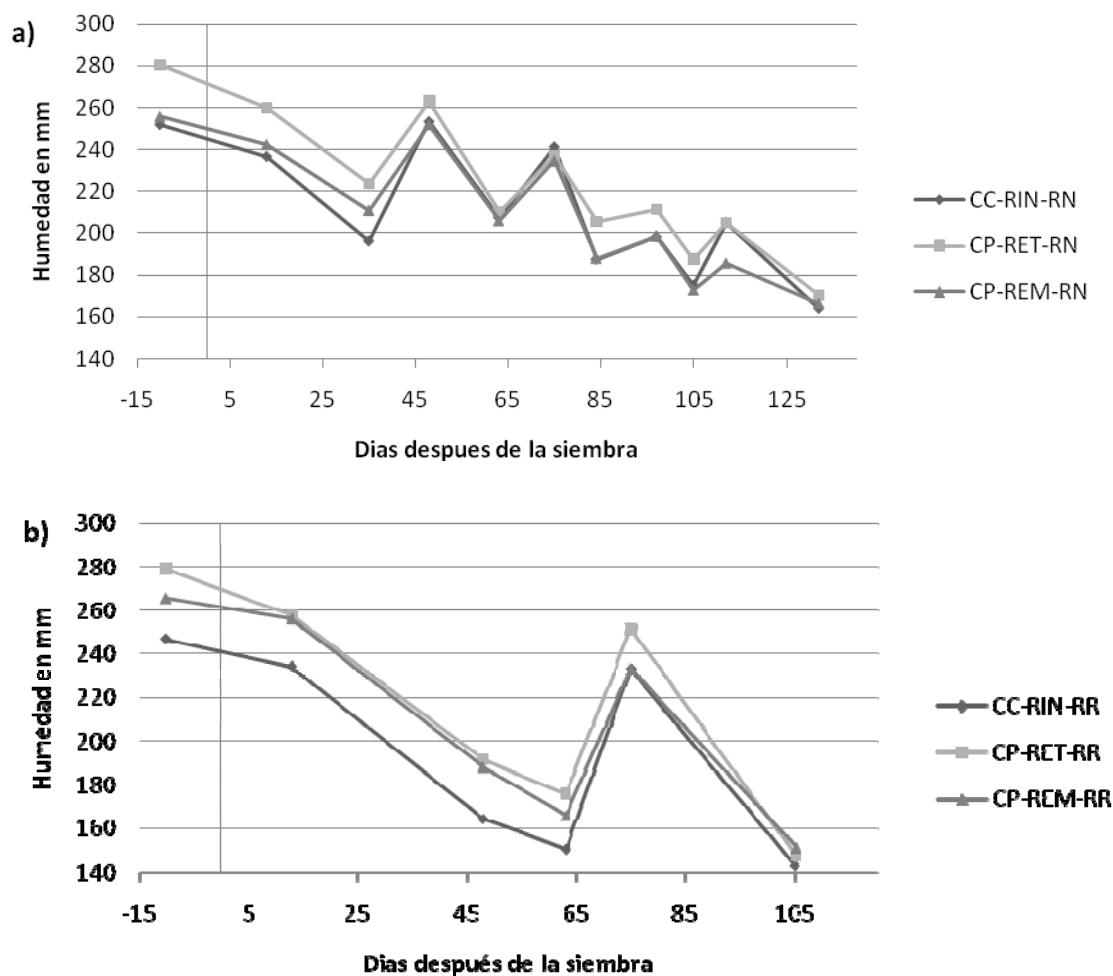
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Contenido de humedad del suelo***

Bajo riego normal, el contenido de humedad en el perfil de 0-60 cm es mayor en camas permanentes con retención de residuos en la superficie que quitándolos o incorporándolos al suelo en las camas convencionales desde el inicio de la temporada hasta 48 días después de la siembra y entre 84 y 105 días (Figura 1a). Bajo condiciones de riego reducido (sequía) se observa un mayor contenido de humedad en el perfil de 0-60 cm en las camas permanentes reteniendo todos los residuos o removiendo parte de los residuos, comparado con las camas convencionales incorporando los residuos al suelo hasta 75 días después de la siembra (Figura 1b). Esta diferencia es aun más marcada en el período de tiempo transcurrido entre el riego de presembrado y el riego de auxilio. Esto significa que cuando el suelo no tiene suministro de agua (condiciones de sequía) y el requerimiento de agua del cultivo va en aumento, se puede notar el efecto del tipo de labranza sobre el suelo. Camas permanentes con retención de (parte de) los residuos tienen mayor estabilidad de agregados comparado con camas convencionales [9], resultando en una mejor infiltración del agua [10]. Uribe y Rouanet [11] compararon en 2002 la humedad de suelo en 3 diferentes sistemas de la labranza y manejo de residuos; labranza convencional, labranza cero con retención de residuos y cero labranza con quema de residuos. Encontraron que en camas con labranza cero y retención de residuos los niveles de humedad en la zona superficial, hasta los 40 cm de profundidad, fueron altos en relación con la técnica de labranza convencional, justo en zonas donde se encuentra una gran proporción del sistema radicular del cultivo.

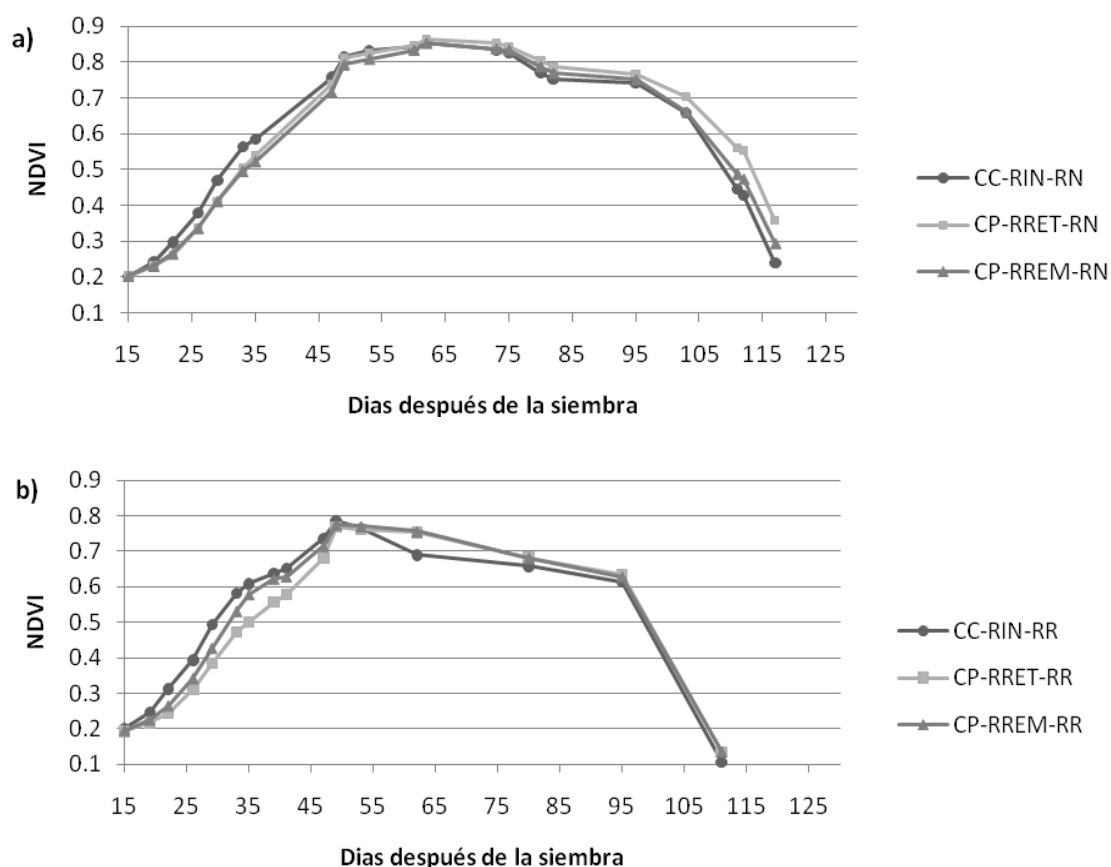
### ***Diferencia Normalizada del Índice Vegetativo (NDVI)***

El NDVI mide que tan “mejor” o verde está un cultivo, esto está relacionado con la actividad fotosintética de la planta. Los valores de NDVI (tanto en riego normal como en riego reducido) son más altos al principio del ciclo de cultivo (desde 15 hasta 47 días después de la siembra) para los tratamientos con camas convencionales incorporando el rastrojo, comparado con camas permanentes dejando o quitando parte de los residuos (Figura 2). Bajo riego normal, más tarde en el ciclo de cultivo durante la formación de grano (desde los 80 días después de la siembra) los valores de NDVI son más altos cuando se siembra en camas permanentes reteniendo los residuos y (Figura 2a). Bajo riego reducido, el NDVI es más alto en camas permanentes en día 62-80 que en camas convencionales. El NDVI más elevado durante la formación de grano para camas permanentes con retención de todos los residuos (riego normal) y todos o parte de los residuos (riego reducido) probablemente refleja la disponibilidad del agua para la planta (Figura 1).



CC= Camas convencionales, CP= Camas permanentes, RIN= Residuos incorporados, RET= Residuos retenidos, REM= Parte de los residuos removidos, RN= Riego normal y RR= riego reducido.

**Figura 1.** El efecto del manejo de labranza y residuos sobre el contenido de humedad en el perfil (0-60 cm) a través de todo el ciclo de cultivo de trigo bajo (a) riego normal (riego a los 21 días antes de la siembra y 65, 85 y 106 días después de la siembra) y (b) riego reducido (riego 21 días antes de la siembra y 65 días después de la siembra).



CC= Camas convencionales, CP= Camas permanentes, RIN= Residuos incorporados, RET= Residuos retenidos, REM= Parte de los residuos removidos, RN= Riego normal y RR= riego reducido.

**Figura 2.** Efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos sobre el NDVI durante el ciclo de cultivo de trigo a) bajo riego normal y b) bajo riego reducido (sequía).

## CONCLUSIONES

Bajo riego normal, hay más humedad en el suelo en camas permanentes con retención de residuos en la superficie que quitándolos o incorporándolos al suelo en las camas convencionales durante la mayor parte de la temporada. Bajo condiciones de riego reducido (sequía), se observa un mayor contenido de humedad en el perfil en camas permanentes reteniendo (parte de) los residuos, comparado con las camas convencionales incorporando los residuos. Las diferencias en la cantidad de agua disponible para la planta están reflejadas en el crecimiento del cultivo de trigo. Durante la formación de grano, los valores de NDVI son más altos cuando se siembra en camas permanentes reteniendo los residuos que en camas convencionales o en camas permanentes removiendo parte de los residuos bajo riego normal. Bajo riego reducido, el NDVI es más alto en camas permanentes en durante la formación de grano que en camas convencionales. La implementación de agricultura de conservación con camas permanentes y retención de (parte de) los residuos resulta en un sistema que es mas resistente a condiciones de sequía que el sistema convencional que incluye labranza.

## LITERATURA CITADA

- [1] FAO, 2002. El agua y la Agricultura. Disponible en línea en <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>
- [2] Kobata, T., J. Palta y N. Turner, 1992. Rate of Development of Postanthesis Water Deficits and Grain Filling of Spring Wheat. *Crop Science*. 32: 1238-1242.
- [3] Ayodele, E. A. y A. O. Ayorinde. 2004. Evaluation of Two Temperature Stress Indices to Estimate Grain Sorghum Yield and Evapotranspiration. *Agronomy Journal*. 96:1282–1287
- [4] Lal, R., 1994. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. USDA-The Ohio State University. SMSS Technical Monograph No. 21.
- [5] FAO, 2003. Unlocking the Water Potential of Agriculture. FAO, Rome, Italy. pp. 70. Disponible en línea en <http://www.fao.org/docrep/006/y4525e/y4525e00.htm#Contents>
- [6] Aquino, P., 1998. The adoption of bed planting of wheat in de Yaqui Valley, Sonora, Mexico. CIMMYT Wheat special report. CIMMYT, Mexico D.F., Mexico
- [8] Verhulst, N. y Govaerts, B., 2008. The GreenSeeker handheld NDVI sensor; Toward the integrated evaluation of crop management, user guide. International Maize and Wheat Improvement Center. Mexico DF, Mexico.
- [9] Limon-Ortega, A., B. Govaerts, J. Deckers y K.D. Sayre, 2006. Soil aggregate and microbial biomass in a permanent bed wheat–maize planting system after 12 years. *Field Crops Research*. 97: 302 - 309.
- [10] Hawkins, G. L., D. Sullivan y C. Truman, 2007. Water Savings Through Conservation Tillage. (Ver. <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubs/PDF/C916.pdf>)
- [11] Uribe, H. y J. L. Rouanet, 2002. Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. *Agricultura técnica*. 0365-2807